

# RECONSTRUCCIÓN 3D Y CÁLCULO VOLUMÉTRICO DE RECIPIENTES CERÁMICOS. ALCANCES Y LIMITACIONES PARA EL ESTUDIO Y CONSERVACIÓN CERÁMICA DE LA TAMBERÍA DE GUANDACOL (PROVINCIA DE LA RIOJA).

Sebastián Andrés Carosio<sup>1</sup>, Juan Pablo Aguilar<sup>2</sup> y J. Roberto Bárcena<sup>3</sup>

## RESUMEN

El desarrollo de las tecnologías informáticas empleadas en la Arqueología ha recibido un gran impulso en las últimas décadas. El objetivo de la actual comunicación es presentar una experimentación computarizada de reconstrucción 3D y cálculo volumétrico sobre cerámica perteneciente al sitio arqueológico Tambería de Guandacol, asociado al periodo de los Desarrollos Regionales (circa 1000-1470 AD) y cuya manifestación ceramológica en la región se conoce como "Aimogasta", "Sanagasta" o "Angualasto". Asimismo, se discuten los alcances y limitaciones que ofrecen estas tecnologías como alternativa para el trabajo con conjuntos fragmentarios que buscan acercarse a las formas cerámicas originales de manera práctica, con potencial de visualización y difusión, y que contribuyen a la revalorización patrimonial.

**Palabras claves:** Estudios de conservación cerámica; reconstrucción 3D; cálculo volumétrico; Tambería de Guandacol; Desarrollos Regionales.

## 3D RECONSTRUCTION AND VOLUMETRIC CALCULATION OF VESSELS. ADVANTAGES AND LIMITATIONS TO THE CERAMIC STUDY AND CONSERVATION OF TAMBERÍA OF GUANDACOL (LA RIOJA PROVINCE).

## ABSTRACT

The development of software technologies employed in Archaeology has received a major boost in recent decades. The aim of the current communication is to present an experimentation of computerized ceramics 3D reconstruction and volumetric calculation, which belongs to the archaeological site of Tambería Guandacol, associated to the Late Regional Developments Period (1000-1470 AD approx.), and whose ceramic manifestations in the region are known as "Aimogasta", "Sanagasta" or "Angualasto". Also, we discuss the advantages and limitations offered by these technologies as an alternative of the work with fragmentary sets that search the original ceramic forms in a practical way, with potential of viewing and dissemination, which contribute to the patrimonial revaluation.

**Key words:** Studies of ceramic conservation; 3D reconstruction; volumetric calculation; Tambería of Guandacol; Late Regional Developments.

<sup>1</sup>ANPCYT - INCIHUSA/CONICET CCT Mendoza. Av. Ruiz Leal s/n° (Parque Gral. S. Martín). Email: sebacarosio@yahoo.com.ar

<sup>2</sup>INCIHUSA/CONICET CCT Mendoza. Av. Ruiz Leal s/n° (Parque Gral. S. Martín). Email: juanpabloaguilar05@yahoo.com

<sup>3</sup>INCIHUSA/CONICET CCT Mendoza. Av. Ruiz Leal s/n° (Parque Gral. S. Martín). Email: rbarcena@mendoza-conicet.gob.ar

Recibido en noviembre de 2011; aceptado en diciembre de 2012.

Carosio Sebastian, Aguilar Juan Pablo y J. Roberto Bárcena. 2013. Reconstrucción 3D y cálculo volumétrico de recipientes cerámicos. Alcances y limitaciones para el estudio y conservación cerámica de la Tambería de Guandacol (Provincia de La Rioja). *La Zaranda de Ideas. Revista de Jóvenes Investigadores en Arqueología* 9(2): 57-76. Buenos Aires.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Consideramos a la cerámica como un elemento que ofrece información significativa sobre prácticas sociales de las poblaciones prehistóricas (Orton *et al.* 1997). Esta tecnología, de gran valor estético y cultural, nos acerca a las técnicas en las que se involucran actores, materiales, y ambientes de las sociedades del pasado. De manera que su estudio, restauración y conservación constituyen un aporte significativo no solo al patrimonio arqueológico del área que se estudia, sino también a la identificación de las prácticas involucradas en la manufactura y su vinculación sociocultural (Goel *et al.* 2005; Sopena Vicién 2006; Guráieb 2008; Vázquez y Baigorria Di Scala 2009; entre otros).

Entre las características tecnológicas cerámicas se encuentra la *forma* o *morfología*, aspecto que a lo largo de la literatura arqueológica ha sido fundamental para indagar en aspectos como la función o funciones de los recipientes y las técnicas empleadas en la manufactura (Hally 1986; Rice 1987; entre otros). Asimismo, la forma, junto a los estilos decorativos, es considerada de gran significación para la transmisión consciente o inconsciente de información identitaria (Leroi-Gourhan 1964). Es por ello que ambas se corresponden con un potencial de interpretación que reside en aquellas características formales de un artefacto, que son adquiridas antes y durante la manufactura, como consecuencia del ejercicio de una decisión cultural y de los hábitos de conjuntos sociales (Letchman 1977; Lemonnier 1992; David y Kramer 2001; entre otros).

Ahora bien, el mayor problema con el que cuentan los arqueólogos para identificar, restaurar y visualizar las formas cerámicas es que, en general, se recuperan fragmentos más que piezas completas, por lo que la caracterización y reconstrucción de formas de recipientes son labores complicadas.

Entendemos la restauración como la recomposición de las partes destruidas a través de agregados o integrados que restablecen a la obra en su unidad original, por lo que, respetando su contexto histórico, nuestras intervenciones deben ser generadas a partir de la práctica de análisis específicos (López y Caramés 2003).

Para contrarrestar estas problemáticas han sido utilizadas diversas estrategias que parten sobre todo de las medidas de los tientos, tomando diámetros de bordes y de bases a partir de gráficos de círculos, y de los grados de curvaturas, consiguiendo dibujos en 2D. Gracias a los avances registrados en tecnología informática, han proliferado métodos basados en la “visibilidad computarizada”. Estos trabajos coinciden en la fiabilidad de los datos obtenidos con rigor metodológico, mediante la utilización de técnicas que posibilitan formatos 3D de distintos elementos del registro arqueológico, con alta potencialidad de difusión en la reconstrucción de cerámicas, artefactos líticos, metálicos y otros elementos (Cook *et al.* 1987; Melero *et al.* 2003; Tejado Sebastián 2005; Zapassky *et al.* 2006; Álvarez 2007; Karasik y Smilansky 2008; Mara *et al.* 2004; entre otros). Sin embargo, la mayoría de estas aplicaciones requieren de sistemas costosos y sofisticados, como el Escáner 3D, en general de difícil acceso para algunos investigadores, por lo que muchos recurren a programas informáticos utilizados en el ámbito del Diseño Gráfico e Industrial, logrando resultados de gran alcance visual y buena representatividad (Goel *et al.* 2005; Irujo Ruiz y Prieto Martínez 2005; Martínez Carrillo *et al.* 2010).

En el ámbito de la tecnología cerámica, lo importante del uso de aplicaciones informáticas es que una mayor certeza en la información visual ha permitido al arqueólogo no solo la restauración y conservación patrimonial del registro arqueológico, sino también la oportunidad de avanzar en otros aspectos relacionados a las morfologías, como el cálculo

de la capacidad de contenido de recipientes, la cantidad de vasijas que pueden conservarse en un recinto delimitado, etc. (Sopena Vicién 2006).

En un trabajo anterior (Carosio y Aguilar 2010) presentamos un esquema experimental muy sintético y básico para lograr una reconstrucción tridimensional de una pieza cerámica del sitio arqueológico Tambería de Guandacol (La Rioja), utilizando algunas de estas herramientas informáticas de diseño gráfico (*Adobe Photoshop, Adobe Illustrator y Rhinoceros*); en el marco de los estudios ceramológicos que venimos realizando en el mismo (Carosio et al. 2011). En esta oportunidad nos propusimos: a) ampliar la muestra de estudio; b) contextualizar la misma a partir de una mayor base de datos bibliográfica sobre la tecnotipología de los recipientes cerámicos; c) ajustar la metodología de análisis macroscópico, fotográfico e informático para una detallada reconstrucción tridimensional; d) aplicar nuevas herramientas de computación para el cálculo de capacidad de contenido de recipientes; e) indagar en aspectos tecnológicos y funcionales cerámicos;

y por último, f) considerar y reflexionar sobre los alcances y limitaciones que ofrecen estas aplicaciones. En definitiva, buscamos acercarnos a una representación visual de los objetos recuperados que sea lo más “real” posible, contribuir a la conservación del patrimonio local y al desarrollo de metodologías que intentan trabajar con contextos cerámicos muy fragmentados. Asimismo, este trabajo pretende aportar a un ámbito de estudio que se halla poco desarrollado en la región, y que puede ser aplicable no solo a cerámica sino también a otros elementos materiales del registro arqueológico.

## EL ENTORNO AMBIENTAL Y LA FRAGMENTACIÓN CERÁMICA

La Tambería de Guandacol se halla 2 km al suroeste del pueblo homónimo, y al oeste del de Santa Clara, en la provincia de La Rioja (Figura 1). Se trata de un extenso “barreal” de unos 3 km de ancho por 5 km de largo, ubicado en el valle que lleva el mismo nombre, geomorfológicamente inscripto en lo que

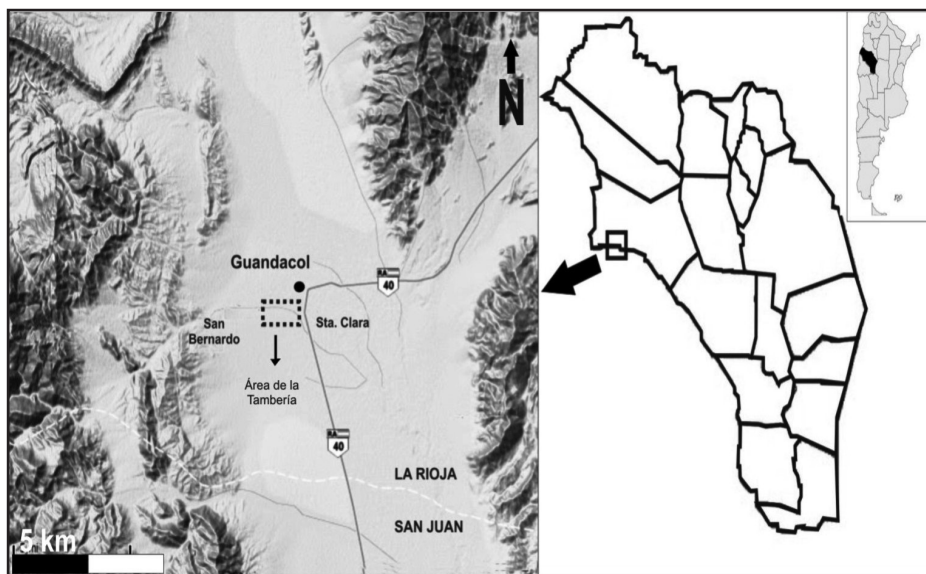


Figura 1. Mapa de ubicación del yacimiento Tambería de Guandacol.



Figura 2. A la izquierda se puede observar un panorama del yacimiento surcado de torrenteras; a la derecha se aprecia el material disperso en superficie (sobre todo lítico y cerámico).

Capitanelli (1992) denomina “bolsón o cuenca heterogénea de sedimentación de clima árido”, caracterizado por ser una depresión colmada de rellenos terciarios y cuaternarios erosionados. Estos están representados mayormente por largas capas sedimentarias de acumulación de los ríos Guandacol y de la Troya, y de grandes conos de deyección que se extienden desde el piedemonte precordillerano hasta el ancho valle del río Guandacol al Este.

El yacimiento presenta un alto grado de impacto por diversos agentes post-depositacionales, tanto culturales como naturales. Próxima al pueblo, el área de la Tambería es utilizada muchas veces como vertedero de residuos de distinto género y es común el saqueo de recipientes cerámicos y otros elementos del registro, convirtiéndose en un sitio con poca valoración patrimonial. A ello se le suma la alteración provocada por el viento, el desborde del río Guandacol y las lluvias torrenciales producidas en verano, que han modificado las estructuras arquitectónicas de barro y las distintas concentraciones de restos arqueológicos. El material cerámico en particular se halla altamente fragmentado, tanto dentro como fuera de los recintos, dificultando así no solo la apreciación de la forma de los recipientes, sino también su interpretación en el contexto espacial (Figura 2).

## EL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO Y EL REGISTRO CERÁMICO

Las diversas investigaciones realizadas en el sitio lo han considerado significativo para el conocimiento de la época que se denomina para el área “Desarrollos Regionales” o “Periodo Agroalfarero Tardío” (1000-1470 AD aprox.), en un área geográfica ubicada entre el Noroeste y Centro-oeste argentino (De la Fuente 1973; Callegari y Gonaldi 2009; Bárcena 2010; Bárcena *et al.* 2010). Como parte de esos estudios, desde hace algunos años venimos realizando investigaciones sobre la tecnología cerámica, basadas en análisis macroscópicos de pastas, estilos decorativos y estudios morfológicos; obteniendo importantes resultados en torno a los procedimientos de manufactura de los distintos grupos tecnotipológicos cerámicos, distribuciones espaciales, y posibles relaciones regionales, entre otros aspectos (Carosio e Iniesta 2010; Carosio y Aguilar 2010; Iniesta 2010; Bárcena *et al.* 2010; Carosio *et al.* 2011; Carosio *et al.* 2012). En esos mismos trabajos evidenciamos la alta fragmentación que presenta la cerámica del yacimiento, dificultando las tareas interpretativas del registro.

La manifestación cerámica típica y correspondiente a este periodo en el área se ha denominado, según los estudios históricos-culturales de principios de siglo XX,



Figura 3. Ejemplos de piezas cerámicas "Sanagasta-Angualasto" (fuera de escala) (según Boman 1927-1932).

"Aimogasta", "Sanagasta" o "Angualasto" (Figura 3). Se trata de un conjunto tecnopológico que abarca variedades de piezas, aunque las principales son: grandes urnas o tinajas de panza muy desarrollada; urnas globulares de boca ancha y cuello corto bien definido; pucos o escudillas campanuliformes de boca grande y base chica, y pucos globulares o convexos. Sin embargo, también se han hallado algunos keros; urnas antropomorfas de ojos horizontales y hendidos y boles grandes con protuberancias en el cuerpo (Debenedetti, 1917; Boman 1927-32; Bennett *et al.* 1948; Serrano 1958; González y Perez 1972; entre otros). Muchas veces han sido encontradas con esqueletos de párvulos en su interior, o junto a ellos, tal como lo manifiestan distintos estudios cerámicos en diferentes regiones del Noroeste argentino (Ratto *et al.* 2007; Scaro y Gheggi 2011; Wynveldt 2009; entre otros).

Recientemente, se han realizado estudios morfológicos, morfométricos y decorativos

sobre numerosa cantidad de este tipo de piezas conservadas en distintos museos nacionales, que se corresponden a toda el área geográfica de dispersión en las provincias de San Juan, La Rioja y Catamarca (Méndez 2008; De la Fuente 2011; Revuelta *et al.* 2010-2011). En este último trabajo, al contar con una muestra representativa de 70 piezas, se pudo establecer una buena discriminación de categorías de formas, para lo cual se tuvo en cuenta todas sus variables morfométricas y puntos de perfil o puntos característicos y de intersección (según Balfet *et al.* 1992; Sheppard 1976). Se distinguen las siguientes morfologías:

- Tinajas: Poseen un diámetro de boca alrededor de 30 cm; diámetro de cuerpo de 45 cm; diámetro de base de 12 cm; altura de 46 cm.
- Ollas de boca no restringida: Poseen un diámetro de boca alrededor de 30 cm; diámetro de cuerpo de 35 cm; diámetro de base de 11 cm; altura de 35 cm.
- Ollas de boca restringida: Poseen diámetro de boca alrededor de 25 cm; diámetro de cuerpo de 35 cm; diámetro de base de 10 cm; altura de 31 cm.
- Jarras: Poseen un diámetro de boca de 15 cm; diámetro de cuerpo de 19 cm; diámetro de base de 8 cm; altura de 18 cm.
- Cuencos (o pucos): Poseen un diámetro de boca alrededor de 30 cm; diámetro de cuerpo de 26 cm; diámetro de base de 9 cm; altura de 15 cm.
- Escudillas: Poseen diámetro de boca alrededor de 30 cm; diámetro de cuerpo de 23 cm; diámetro de base de 5 cm; altura de 12 cm.

Estos valores métricos representan una media general, ya que dentro de cada categoría existe una gran diversidad cuali-cuantitativa. La diferencia fundamental (y como norma general) radica en el que los cuencos y escudillas poseen un diámetro más amplio que la altura, mientras que en las tinajas y ollas se da una situación inversa.



En cuanto al tratamiento superficial de la piezas *Sanagasta-Angualasto*, generalmente las paredes externas son alisadas (a veces pulidas), sobre las cuales se ejecuta en ocasiones un engobe de color amarillo blancuzco o ante. Asimismo, se aplica pintura en negro y rojo, sobre el engobe o sobre la superficie natural. Los motivos decorativos se presentan en paneles, de forma casi exclusivamente geométrica, y se caracteriza por representar rayas o bandas, rectas, festoneados, triángulos escalonados, volutas simples o dobles, ajedrezados y reticulados con punteados, formando registros verticales limitados lateralmente por una gruesa línea, aunque algunas veces se representan motivos de origen animal, y en ciertos casos motivos fitomorfos (Debenedetti 1917; Boman 1927-32; Bennett *et al.* 1948; Serrano 1958).

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología a desarrollar se basó en un proceso de trabajo organizado en diferentes pasos. En primer lugar, realizamos la catalogación y agrupación de conjuntos cerámicos, identificando Unidades de Análisis (UA) o grupos de fragmentos de acuerdo a las características de color y textura de la superficie, de la pasta, el tipo y parte de vasija, etc., que pertenecen a un mismo recipiente (Orton *et al.* 1997). De esta manera, las UA se constituyeron con el registro cerámico recuperado en superficie a lo largo de las transectas realizadas en el sitio.

Luego, dentro de las posibilidades, se procedió al remontaje de los tiestos tratando de obtener una noción aproximada sobre la forma de las piezas, y la comparación con la información bibliográfica respectiva sobre morfologías. Estos datos (espesores, alturas, diámetros, etc.) expresan criterios descriptivos y clasificatorios que resultan casi indispensables ya que, como indican Irujo Ruiz y Prieto Martínez (2005), “...al menos debe haber información acerca del diámetro de la

*pieza, y el perfil debe aportarnos una concepción clara de la morfología global de la misma. Si el recipiente está incompleto, se consideran las proporciones altura-anchura a partir de nuestro conocimiento de la cerámica del período...”*

Con esto queremos decir que tratamos de operar basándonos en las características y definición gráfica de los tipos de recipiente más enteros disponibles (que se encuentran en colecciones de museos y no tanto de excavaciones). Asimismo, se tomaron distintas mediciones de cada uno de los fragmentos correspondientes a las UA, el grado de curvatura, el espesor, el largo y el ancho. Por otro lado, mediante la técnica de “gráfico de bordes” (Orton *et al.* 1997:196) se obtuvo el diámetro estimativo de bases y bordes.

Posteriormente se procedió a la captura de datos y reconstrucción tridimensional. Para ello, primero se fotografió cada una de las UA, utilizando la cámara fotográfica *Sony Cyber-shot DSC-H9*, con una resolución de 8 megapíxeles y lente macro.

Para la reconstrucción 3D se utilizaron tres programas informáticos: *Adobe Photoshop CS3 Extended* (versión 10.0, del año 2007), *Adobe Illustrator* (versión CS3, del año 2007) y *Rhinoceros* (versión 4.0, del año 2011). El primero es un programa que posee instrumentos de trabajo para pintura y fotografía sobre una especie de “lienzo”, y a través de multicapas<sup>1</sup>. Está destinado a la edición, retoque fotográfico y pintura, en base a imágenes de mapa de *bits* o gráficos rasterizados, inclusión de elementos vectoriales, tratamiento extensivo de tipografías, control y retoque de color, entre otras herramientas (Caruso y Postel 2002). Con éste, trabajamos las fotografías de los tiestos que integran las UA, capturando colores y texturas superficiales de los fragmentos que las integraban, y añadimos los elementos anexos al cuerpo de los recipientes (asas y mamelones).

*Adobe Illustrator* es una aplicación en forma de taller de arte que trabaja sobre un tablero de dibujo o "mesa de trabajo", destinado a la creación artística de dibujo y pintura para ilustración. Posee gran versatilidad para producir rápidamente gráficos cuyos usos se dan en impresión (maquetación-publicación), video, publicación en la Web y dispositivos móviles (Adobe Press 2006). Las herramientas que posee nos permitieron estructurar el perfil de los recipientes, a partir de sus fragmentos, y modelarlos en 2D.

Esta información se exportó posteriormente al programa *Rhinoceros*, con el que realizamos el modelado y el renderizado 3D, utilizando NURBS (acrónimo inglés de la expresión *Non Uniform Rational B-Splines* o Líneas B Racionales No Uniformes) o datos matemáticos geométricos para la generación y representación de curvas y superficies<sup>2</sup>. El programa ofrece grandes posibilidades dentro del ámbito de la geometría descriptiva, pues dispone de una importante cantidad de comandos y funciones para operar con superficies y sólidos, como por ejemplo calcular intersecciones, desarrollar superficies, obtener planos tangentes, girar en 3D, etc. Incluso permite que el proceso de generación de objetos pueda ser grabado para crear un video, y que el modelo 3D generado pueda ser exportado para hacer un PDF tridimensional (Natividad Vivó et al. 2011).

A partir de la reconstrucción, procedimos a calcular los volúmenes ( $\text{cm}^3$ ) respectivos, tomando como base las resoluciones de las imágenes de los perfiles de los recipientes en puntos por pulgada (ppp)<sup>3</sup>, y las medidas correspondientes a cada uno de ellos. Utilizamos el programa *MATLAB* (abreviatura de *Matrix Laboratory*), una aplicación informática que permite realizar diversos cálculos utilizados en matemáticas aplicadas, ofreciendo excelentes gráficas y un amplio rango de aplicaciones científicas especializadas. Básicamente trabaja con una

gama de herramientas como la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, etc. Dentro del programa utilizamos la aplicación "*Module Capacity*" (Karasik y Smilansky 2006) que, a través de las relaciones algorítmicas de la aplicación, permite llegar a la determinación de tres tipos de datos: 1) la red de capacidad interna o capacidad total del recipiente, 2) la capacidad efectiva hasta el inicio del cuello o punto de inflexión marcado por una curvatura negativa, y finalmente, 3) el volumen del cuerpo material del recipiente, el cual tiene en cuenta únicamente el espesor de las paredes del mismo.

## RECONSTRUCCIÓN 3D

### Agrupamiento de tiestos y formación de Unidades de Análisis (UA)

Los tiestos que conforman las distintas UA proceden de recolecciones realizadas en el sitio, a lo largo de dos transectas de 100 m cada una, divididas (cada una) en cuadrantes de 3 m de ancho por 5 m de largo. En total recuperamos 1135 tiestos y, para asignar los fragmentos correspondientes a cada recipiente, primero los agrupamos de acuerdo a la textura y el color de la pasta, y de la superficie interna y externa. A partir de observaciones realizadas, a ojo desnudo y con lupa binocular, se tuvieron en cuenta aspectos que hacen a la porosidad, fractura e inclusiones.

Luego los dividimos según la parte del recipiente a la que correspondían, *cuerpo*, *base* y *cuello-borde*. A través de los grados de curvaturas de los tiestos estimamos primeramente si se trataban de piezas abiertas o cerradas, medimos espesores y, a través del gráfico de bordes (Orton et al. 1997:196), pudimos obtener los diámetros de boca y base. Finalmente logramos constituir 10 UA con las que trabajamos en la reconstrucción de vasijas (Tabla 1).

Las pastas, con excepción de un recipiente (UA2), son más bien porosas, con abundante inclusión antiplásticas de cuarzo (Q), feldespato (F), mica (M), fragmentos líticos (FL) y tiestos molidos (TM). La atmósfera de cocción es predominantemente oxidante, y en algunos casos (UA 5 y UA10) probablemente mixta (oxidante-reductora). Por algunos indicadores de los tiestos han quedado descubiertos rollos de pasta, estimando así un modelado de piezas en base a rodetes superpuestos, con un espesor entre 1 y 2 cm aproximadamente (Figura 4).

Algunas (n=4) de las UA se hallan decoradas, y aunque los motivos no se pueden apreciar con claridad, se infieren bandas, círculos y puntos. El resto no posee decoración, aunque dado el estado de deterioro que poseen sus superficies no nos es posible justificar esta apreciación. Es por ello que, ante la incertidumbre, procuramos efectuar las reconstrucciones 3D teniendo en cuenta solamente el color y textura de superficie.

Por último, aclaramos que no todos los fragmentos de cada UA formada se mostraban “remontables”; sin embargo, en la mayoría de los casos, los remontajes realizados ayudaron a establecer un grado de curvatura suficiente para determinar la forma de la pieza en cada una de sus zonas: cuerpo, base y borde. En otros casos, aunque no pudimos remontar tiestos, contamos con varios fragmentos de distintas partes del recipiente, de manera suficiente como para lograr alcanzar el mismo objetivo que en los casos anteriores.



Figura 4. Fragmento en el cual se puede apreciar el rollo de pasta, utilizado en el levantado y modelado del recipiente.

Disposición en el escenario, luces y fotografías de UA

Es el primer paso para la visualización tridimensional de la vasija. Las fotografías son imprescindibles para reconstruir texturas o relieves, colores, tamaños y formas de los fragmentos, por lo que es importante que sean de buena calidad y con alta resolución. Además, permiten el dominio de cada fase de trabajo, la rápida detección de errores y la facilidad de corregirlos. Al prescindir del uso de lápices, borradores y papel, el proceso es más expeditivo y limpio.

Sin embargo, hay que tener en cuenta una serie de factores para que las fotografías puedan ser correctamente utilizadas en la posterior reconstrucción tridimensional. En primer lugar, la orientación de los fragmentos

UA	Cantidad de fragmentos				Tipo de recipiente	Morfología estimada	Medidas de recipiente					Característica de pasta			Color superf. interna	Color superf. externa	Tratamiento superf. interna	Tratamiento superf. externa
	Cuerpo	Base	Borde/cuello	Asa o memelón			Esp. Borde	Esp. Cpo	Esp. Bas	Diám. Boca	Diám. Base	Color	Textura	Inclusiones				
1	9	1	1	-	abierto	cuenco	0,4	0,5	1	40	5	naranja	porosa	Q, F, M, FL, TM	naranja	naranja	alisado	alisado
2	41	1	1	2	abierto	cuenco	0,6	0,7	1	38	5	naranja	semi porosa	FL, Q	naranja	naranja	alisado/pintado	alisado
3	3	1	5	-	abierto	cuenco	0,9	1	1,5	32	10	naranja	porosa	FL, Q, F	marrón	marrón	alisado	alisado/pintado
4	14	1	1	-	abierto	cuenco	1	1,1	1,9	34	10	naranja	muy porosa	FL, Q, F, TM	naranja	naranja	alisado	alisado/pintado
5	19	2	2	-	cerrado	olla restringida	1,4	1,6	3	34	14	marrón	muy porosa	FL, Q, TM, M	gris	gris	alisado	alisado
6	7	1	1	-	abierto	cuenco	0,8	0,9	1,6	34	12	gris	muy porosa	FL, Q, TM	naranja	naranja	alisado	alisado
7	18	2	3	-	abierto	cuenco	0,6	0,7	1,2	42	10	marrón	porosa	Q, F, M, FL, TM	marrón	marrón	alisado/pintado	alisado
8	20	1	3	-	abierto	cuenco	0,6	0,7	1,2	37	10	marrón	porosa	FL, Q, F, M, TM	marrón	marrón	alisado	alisado
9	11	2	1	-	abierto	cuenco	1,9	2	3	35	14	marrón	muy porosa	Q, F, M, FL	gris	marrón	alisado	alisado
10	20	1	1	-	cerrado	olla restringida	2,1	2,2	3,5	30	12	marrón	porosa	FL, Q, M, F	gris	gris	alisado	alisado

Tabla 1. Características de las UA con las que trabajamos para las reconstrucciones 3D. Medidas en cm.



a fotografiar: la tipología conocida de las piezas nos permite resolver la orientación de tiestos según la parte que corresponda (base, cuerpo, cuello, borde). Además debemos seleccionar una vista principal y tomar las fotografías necesarias para obtener un panorama completo. Hay que considerar que muchas veces los tiestos poseen curvas abruptas y protuberancias propias de la textura de superficie (por ejemplo: fragmentos de rocas u otro antiplástico sobresalidos de la pasta), que junto a la orientación de la fractura, condicionan la posición en la que se desea colocar el tiesto en el panel. Por ello, lo ideal es tomar las fotos en distintas direcciones, seguir el eje morfológico del recipiente y utilizar soportes que nos den una idea de la curvatura de perfil. Por supuesto que debe colocarse una escala sobre el panel, para que al trabajar con las fotografías exista una clara noción del tamaño a dibujar. Cada fotografía nos dará los detalles que posteriormente resaltaremos en la configuración de la pieza 3D.

En segundo lugar, para la iluminación, hay que tener en cuenta el “balance de blanco” o ajuste electrónico que consigue una reproducción del color correcta sin mostrar dominantes de color. Para lograr una mejor captación de las texturas de los tiestos, es preferible que la luz sea natural, y sin flash o luces accesorias. Asimismo, se debe considerar la dirección y la altura de las luces hacia los fragmentos, ya que tienen una importancia decisiva en el aspecto general de la fotografía. Variando la posición de la fuente podemos resaltar los detalles importantes y ocultar los que no conciernen, como la textura, la sensación de volumen y la intensidad de los colores. Mediante luz frontal, logramos mas aplanamiento de los objetos, obteniendo detalles y reproducción de brillantez, pero también anulamos la textura (Figura 5); mientras que, al fotografiar con luz lateral, destacamos el volumen y la profundidad de los objetos, resaltándolos (Figura 6). Lo



Figura 5. Fotografías frontales de las Unidades de Análisis que logramos conformar (A-UA1; B-UA2; C-UA7; D-UA8).

recomendable es tomar ambos tipos de fotografías, ya que obtenemos una mejor apreciación de los tiestos en su totalidad.

De cada fotografía de UA, con luz frontal, se seleccionó un tiesto para capturarle su textura y color. Esto se realizó en *Adobe Photoshop*, utilizando la herramienta “clonar”, y creando una imagen de gran tamaño, aproximadamente de 2500 x 2500 píxeles<sup>4</sup>. Esto es importante dado que, en el proceso de renderizado final 3D, esta imagen “envuelve a la pieza reconstruida y evita que el acabado final presente distorsiones e irregularidades (Figura 7).

A continuación se avanzó en la vectorización de los bordes de los tiestos

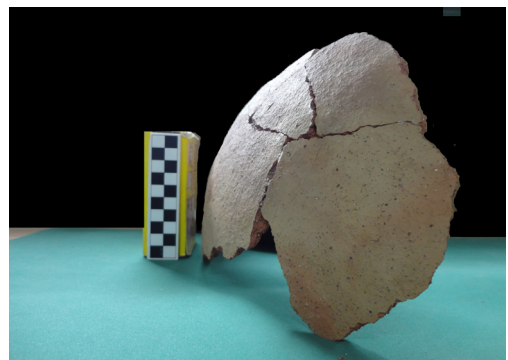


Figura 6. Fotografía lateral de la UA1.

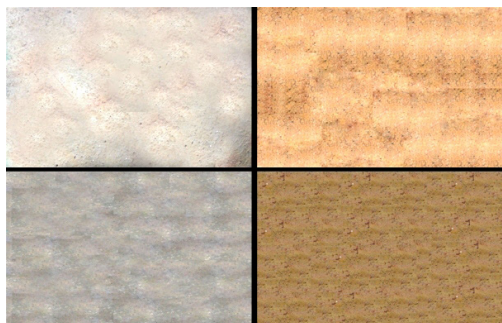


Figura 7. Ejemplos de texturas tomadas a partir de los fragmentos que componen las UA, realizadas con Photoshop.

mediante la herramienta “trazados”. Las imágenes vectoriales son gráficos formados a base de curvas y líneas a través de elementos geométricos definidos como vectores. Al igual que con las texturas, al vectorizar los perfiles no se sufre la pérdida de resolución en el caso que se quiera producir una ampliación o reducción de los mismos; además de contar con la ventaja de tener poco peso como archivo informático, permitiendo mayor facilidad al trabajar con ellos (Adobe Press 2006). Estos vectores fueron exportados en el formato *Adobe Illustrator* (ai\*).

### Dibujo bidimensional y configuración de perfiles cerámicos

A partir de los vectores de los fragmentos reconstruimos parte del perfil de la pieza con el programa *Adobe Illustrator*; entendiendo al mismo como la sección que contiene al eje de rotación del recipiente. Luego conformamos la morfología completa teniendo en cuenta la información morfológica y morfométrica de los recipientes típicos señalados anteriormente. De esta manera nos enfocamos, sobre todo, en los remates de los bordes, invertidos y evertidos, el diámetro de boca y base; mientras que la altura y el diámetro máximo de cuerpo de ollas fue estructurada a partir de los valores promedio de los estudios mencionados sobre

las piezas *Sanagasta-Angualasto* depositadas en museos<sup>5</sup> (Revuelta et al. 2010-2011).

El dibujo en 2D de los perfiles de cada UA, primero el de los fragmentos y luego el dibujo entero del recipiente, se realizó por medio de la herramienta “pluma”, que dibuja trazos uniformes, nítidos y con el grosor que deseamos. Para ello se sigue la línea de curvatura del perfil de los fragmentos, hasta obtener la morfología completa (Figuras 8 y 9). Si deseamos unos bordes más suaves, se puede usar la herramienta “pincel”. Además, *Illustrator* permite convertir los diferentes niveles de gris en una trama más o menos espesa de puntos negros, de acuerdo al claroscuro de la imagen original.

Es importante considerar aquellos detalles interpretativos que sólo pueden alcanzarse observando detenidamente, y desde distintos puntos de vista, los fragmentos con los que trabajamos. No es aconsejable basar el dibujo sólo en las fotografías, ya que es muy posible que se pierdan detalles que queramos resaltar.

Una ventaja importante de la aplicación de *Illustrator* es que, al trabajar con capas, cada pocos trazos que realizamos podemos ocultar la capa de las imágenes para ir evidenciando el dibujo. Como las capas no se borran, sino que simplemente se ocultan, no perdemos información; y como dibujamos en capas diferentes, no transformamos la fotografía original.

Posteriormente, procedimos a cerrar las curvas que conforman el perfil de los recipientes. Rellenamos de color (negro) los perfiles, afinamos las curvas y redujimos el número de puntos que conforman las mismas, transformando la polilínea original en curvas *bezier*<sup>6</sup>, para lograr el suavizado de las mismas. Luego, manipulando la cuadrícula del programa, regulamos la posición de todos los contornos en el lienzo, y mediante la herramienta “espejo” logramos la simetría

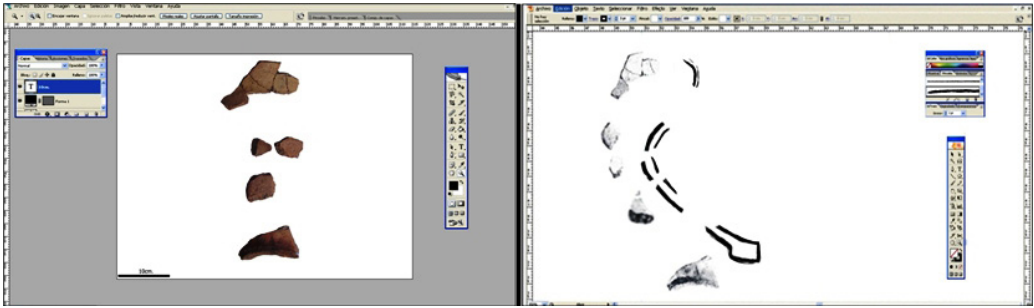


Figura 8. Dibujo del perfil de los tiestos que integran una de las UA, utilizando distintos pinceles.

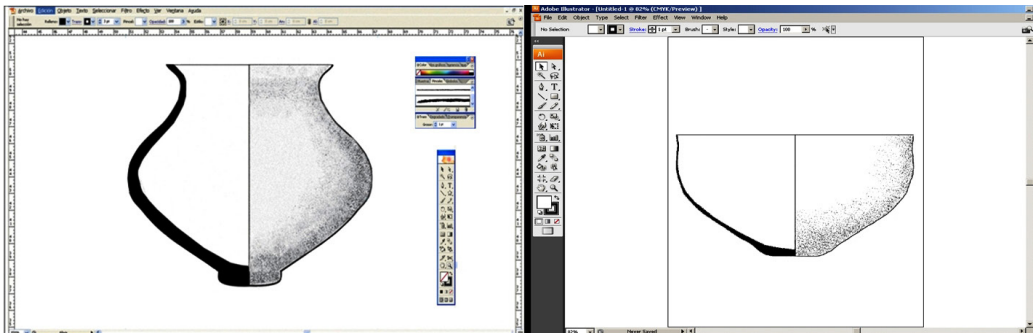


Figura 9. Ejemplos de UA completas en 2D que posteriormente, mediante la herramienta "Magic Wand Tool", serán seleccionadas y exportadas en formato DWG para trabajar en *Rhinoceros*.

completa de las vasijas. Finalmente, con el instrumento "pincel", utilizado en distintos tipos y tamaños, se realizaron las líneas auxiliares, el rellenado de los perfiles, la iluminación y sombra de las caras externas de los recipientes.

### Modelado y renderizado 3D

Una vez acabada la preparación de los perfiles vectoriales de los recipientes, se exportaron los dibujos en formato DWG al programa *Rhinoceros* y se establecieron las medidas de cada uno (Figura 10). Posteriormente, a través de la presunción de simetría cilíndrica y el "motor de revoluciones" o "revolve" que posee este programa, obtuvimos una malla 3D inicial correspondiente a cada pieza, con una amplitud de 360°. Esta tarea se basa en los datos matemáticos (NURBS) que le

proporcionemos al programa, en este caso, los espesores, diámetros, y alturas (estimadas). Luego, mediante la herramienta "escalado", se le realizó un suavizado a cada modelo, instrumento que nos permite eliminar cualquier tipo de asimetría que pudiera tener la estructura base del recipiente. Antes de comenzar la etapa del "renderizado", debemos aplicar distintas propiedades a cada recipiente, entre ellas la textura, el color, el relieve. Para ello, utilizamos el "editor de materiales", de acuerdo a las características que queramos darle a la pieza final (luz, foco, etc.), y cargando las imágenes de las texturas de los tiestos editados previamente (Figura 11).

Una vez que los datos han sido cargados, posicionamos los enmallados 3D en el escenario y se les otorga distintas perspectivas de visión, de acuerdo a la inclinación deseada (Figura 12). Inmediatamente después se le aplica iluminación

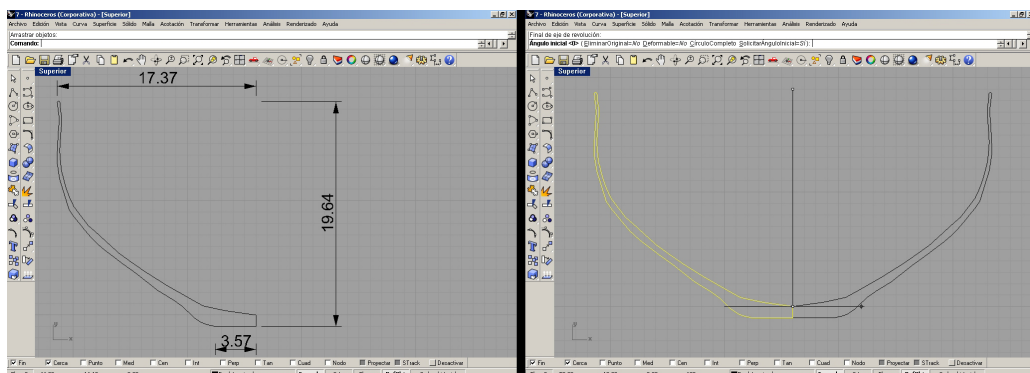


Figura 10. En la imagen de la izquierda se puede ver la interfaz en la que se verifican las medidas dadas al perfil del recipiente, a través del comando "dim"; mientras que en la de la derecha se observa la elección del eje de rotación en centro de la vasija, para comenzar luego con el proceso de enmallado 3D.

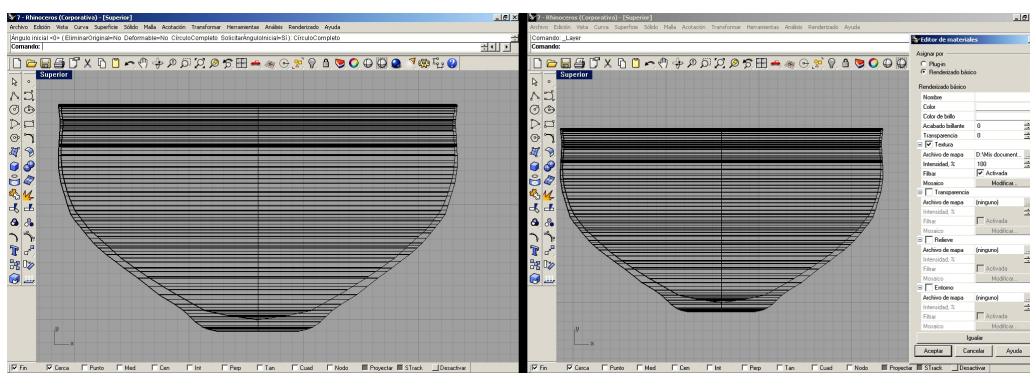


Figura 11. En la interfaz de la izquierda se advierte el "enmallado 3D", logrado mediante la utilización del comando "revolve". En la interfaz de la derecha se puede observar la ventana del "editor de materiales" para cargar los datos.

e intensidad mediante el comando "spotlight", logrando lo que se denomina sólido o relleno de malla, una especie de máscara de contorno frontal que posibilita la aplicación posterior de las texturas de cada recipiente (Figura 13).

Finalmente se les dio a los sólidos el color y la textura con el instrumento "texture", a partir de la imagen clonada de los fragmentos que realizamos en *Photoshop*. La textura finalizada se aplica a la pieza mediante el comando "Rendered Viewport", adecuándola a la disposición de ésta, y orientándola de forma conveniente al ángulo elegido para el renderizado. De esta manera, se logra un mayor realismo visual (Figura 14).

Como retoque de imagen, a cada modelo reconstruido se le puede proporcionar nuevas luces, a través del comando "propiedades", generando sombras que aumentan el efecto de tridimensionalidad y una idea básica de la globalidad de los mismos. Todos los renderizados se guardan de manera individual, en formato JPEG, para luego ser trabajados en la etapa final en *Photoshop*.

## Adición de rasgos morfológicos sobresalientes

En esta fase se añaden elementos propios de los recipientes no heredables de la simetría,



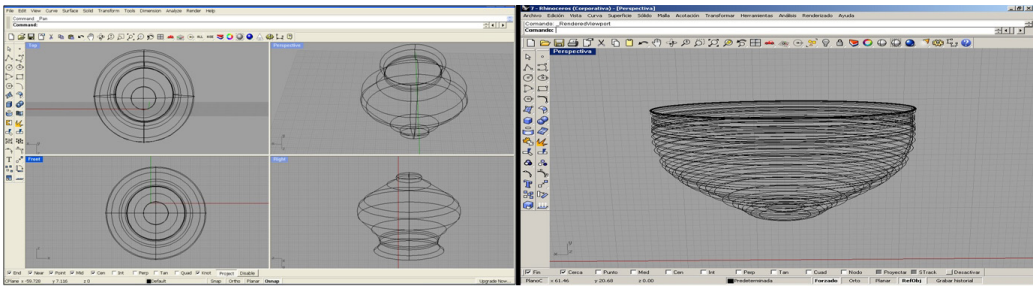


Figura 12. Interfaces que muestran las distintas perspectivas de visión que se les otorgan a los enmallados 3D.

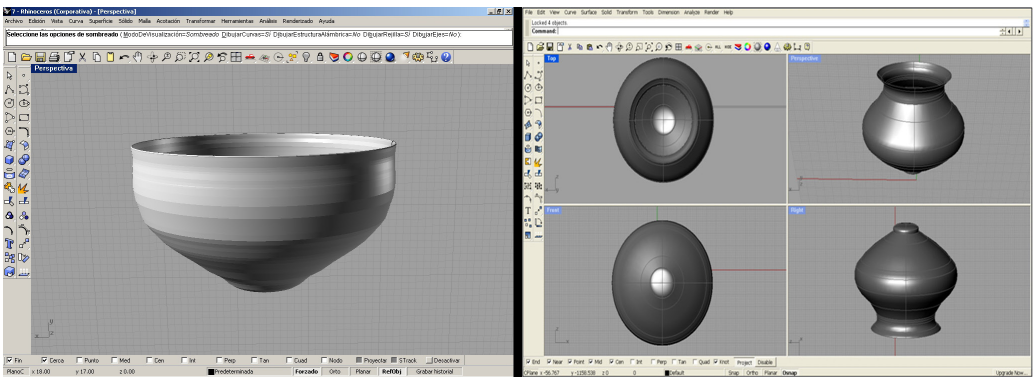


Figura 13. Interfaz en la que se advierte el sólido de malla con luces e intensidad.

como pueden ser asas, mamelones, etc. Una vez completado el proceso de renderizado con los productos obtenidos en *Rhinoceros* se realiza el montaje y acabado final en el *Adobe Photoshop*. El procedimiento es similar a lo hecho en *Illustrator* para dibujar el perfil. Abrimos con el programa cada uno de los JPEG correspondiente a cada pieza cerámica y luego utilizamos la herramienta “pluma”, dibujando los trazos de asas y mamelones sobre cada imagen, en el lugar que correspondiese y siguiendo la línea de curvatura del perfil de los fragmentos de los recipientes. Para este caso, también nos basamos en la información bibliográfica correspondiente.

Finalmente se aplica textura a las nuevas partes dibujadas, basándonos en las del recipiente, y utilizando la herramienta “clonar”, con la que se rellena el dibujo en blanco de los elementos adheridos. De esta manera se logra el recipiente 3D final (Figura 15).

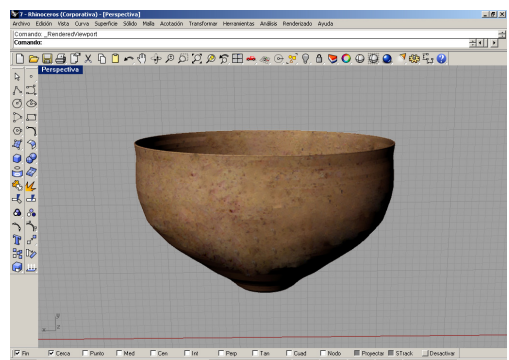


Figura 14. Interfaz en la que se observa la aplicación del color y textura de los fragmentos de una UA, sobre el sólido 3D, mediante el comando “Rendered Viewport”.

## CÁLCULO VOLUMÉTRICO

A partir de la reconstrucción 3D procedimos a calcular la capacidad de contenido de los recipientes, mediante la aplicación “Module



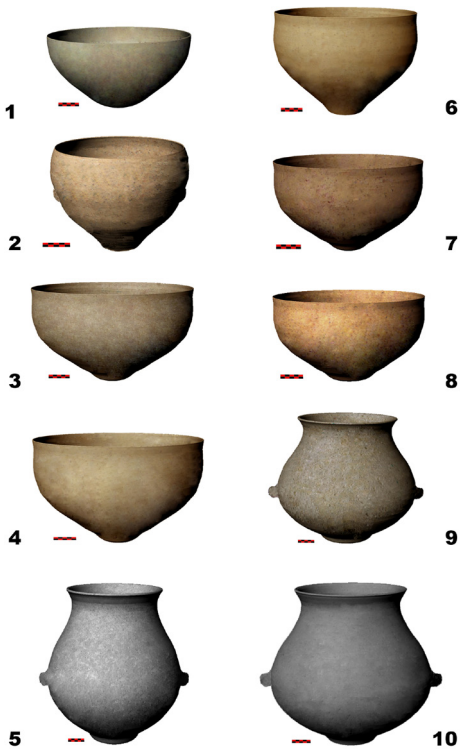


Figura 15. Recipientes 3D en su estado final. Escala: 5 cm.

*Capacity*” o “Módulo Capacidad” del programa *MATLAB* (Karasik y Smilansky 2006)<sup>7</sup>. El módulo se basa en la observación y medición tridimensional del recipiente, a partir del dibujo de su perfil digitalizado. El recipiente se asume como axialmente simétrico, por lo que reconociendo las secciones del perfil y utilizando solo la mitad de la pieza, basta para computar los tres tipos de volúmenes que otorga el programa (Figura 16). Se requiere del dibujo del perfil del recipiente en 2D, a escala, una noción clara de algunas medidas: altura; diámetros de la base, máximo del cuerpo y del borde; y el espesor en sus distintas secciones.

Para efectuar los cálculos, primero debemos utilizar la imagen en 2D de cada recipiente (realizadas en *Illustrator*), y determinar su resolución en ppp (puntos por pulgadas). El perfil del recipiente debe tener el valor de un

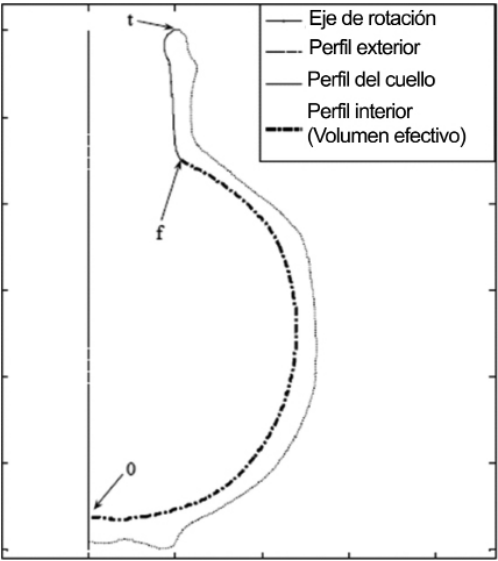


Figura 16. Partes del perfil que toma el “*Module Capacity*” para el cálculo de volúmenes (Karasik y Smilansky 2006:3).

RECIPIENTE	Volumen cuerpo material	Capacidad total	Capacidad efectiva
1	2410	16474	14925
2	2512	15289	12730
3	2645	16320	14788
4	2566	16030	14177
5	8100	42750	40265
6	1995	14322	12275
7	1822	11689	10731
8	1325	8944	8210
9	5220	40300	38147
10	7175	36027	34125

Tabla 2. Resultados obtenidos de los distintos volúmenes en cm<sup>3</sup> de cada recipiente reconstruido.

l píxel. Posteriormente, se guardan las mismas como JPEG en la carpeta “*capacity*” del módulo. En la carpeta “*scale*” modificamos la escala que contiene (por defecto) por los valores de nuestros dibujos y sus resoluciones (ppp), elegidas anteriormente. Luego ejecutamos el ícono “*volume*” en la carpeta “*capacity*”, originando como resultado la creación de

dos subcarpetas: “*results.htm*”, que contiene los valores volumétricos expresados en cm<sup>3</sup> del recipiente elegido; y “*neck*”, que incluye las imágenes de los perfiles indicando hasta qué sector de los mismos el programa toma como volumen total y volumen neto o efectivo (Karasik et al. 2006). De esta manera, obtuvimos los resultados obtenidos de los 10 recipientes trabajados (Tabla 2).

## ALCANCES Y LIMITACIONES: CONSIDERACIONES FINALES

Mediante una serie de etapas bien detalladas, desde agrupar los tiestos en Unidades de Análisis hasta utilizar los distintos programas informáticos, logramos formar una estimación “virtual” de los recipientes de importante realismo, y obtener una información potencial sobre la capacidad de contenido de los mismos.

A manera de síntesis, podemos decir que la reconstrucción 3D se genera sobre la base de dos conjuntos de datos: por un lado, el estudio y medición de tiestos, la edición de perfiles y captura de texturas en base a fotografías, y la estipulación de los ejes de rotación de los recipientes; y por otro, la información morfológica y morfométrica documentada de recipientes completos. El proceso implica una realización casi exclusivamente por métodos digitales: toma de imágenes, tratamiento de las mismas, dibujo y representación 3D final. Es por ello que es importante tener un cierto conocimiento en el campo del dibujo de materiales arqueológicos, y del manejo técnico y artístico del mismo. Además, es necesario conocer algunos rudimentos en fotografía, esto es, saber focalizar bien los objetos, controlar la iluminación, disponer los tiestos en un espacio bien determinado, etc. Creemos que el resultado digital es claro y de rápida lectura, con una mejor comprensión visual que los dibujos bidimensionales. Su ventaja radica en que, al utilizar las fotografías de los tiestos en la representación, se obtiene un modelo

con la textura y el color real de la pieza, una reproducción más auténtica que la figura en blanco y negro, en donde generalmente hay que colocar una leyenda que explique los colores que se representan.

De manera similar, el cálculo volumétrico implica tanto el uso de los dibujos en 2D de los perfiles de los recipientes, como de las medidas con las que contemos sobre los fragmentos, y aquellas disponibles sobre recipientes completos en museos o registros arqueológicos. Al igual que el caso anterior, el cálculo es meramente digital y computarizado, y surgen resultados a partir de los perfiles.

Las técnicas tienen serias limitaciones a la hora de trabajar con fragmentos, ya que debemos necesariamente tener un conocimiento sobre las características morfológicas y morfométricas cerámicas descriptas en los estudios regionales o de sitio para lograr, en definitiva, una estimación, es decir, una idea aproximada sobre las características tecnológicas de los recipientes con los que contamos. Además, se requiere de una certeza en la información estadística y descriptiva sobre la muestra con la que trabajamos: Unidades de Análisis e indicadores morfológicos “claves” del recipiente, como ser: parte de recipiente (bordes en buen estado, cuellos, cuerpos que no posean superficies muy erosionadas y bases), tipo de vasija (abierta o cerrada), tipo de perfil (continuo o discontinuo), textura y color de la superficie cerámica.

Sin embargo, si la información visual recuperada se relaciona con otro tipo de información tecnológica (características de pastas, motivos estilísticos, marcas de modelado, etc.) y de contexto, nuestros resultados pueden llegar a tener un mayor potencial. En estos casos, pudimos advertir que la mayoría de los recipientes son cuencos (n=8), el resto ollas restringidas (n=2) (aunque probablemente una de estas últimas se corresponda con una tinaja), con perfil continuo y sin punto de intersección bien marcado. Los bordes de los

cucencos son invertidos y evertidos; mientras que los de las ollas, evertidos. Las bases son menisco-convexa (cara interna y externa respectivamente). Estas formas nos llevan a plantear una funcionalidad primaria de tipo doméstico, vinculada a actividades de servicio y almacenamiento, probablemente líquidos, dado por la alta porosidad aparente de las pastas, los tipos de borde y los espesores. Los recipientes de mayor tamaño y con gran capacidad de contenido (5, 9 y 10), no poseerían mucha manipulación, más que cuando estuviesen vacíos; y los de tamaño medio (1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8), de manejo menos costoso, podrían relacionarse a labores de transporte y servicio. No hemos advertido recipientes con manchas de cocción, por lo que no creemos que hayamos reconstruido recipientes de cocina. Sin embargo, las posibilidades que se plantean para estos análisis son múltiples, reconociendo que en el transcurso de su vida útil las vasijas pueden cambiar y alternar funciones, y no siempre cumplen la función a la cual se ajustan mejor por sus atributos morfo-tecnológicos; más aún en recipientes como los del Noroeste Argentino. Es por ello que, posteriores análisis físicos, químicos y petrográficos practicados sobre los tiestos de las UA permitirán un mayor acercamiento a una posible función o funciones de los recipientes, relacionando siempre con el contexto de hallazgo arqueológico.

De cualquier manera, entendemos que estas tecnologías son herramientas versátiles en la revalorización, rentabilidad y difusión de resultados, ya que aportan a una mayor agilidad y facilidad de divulgación social del patrimonio arqueológico, dentro y fuera del ámbito académico, en trabajos impresos y digitales. Permiten avanzar en las metodologías de exposición y musealización tradicionales, aunque entendemos que puede llegar a ser una herramienta muy positiva si se considera como algo complementario y no sustitutivo del objetivo último y definitivo, la conservación y prevención de las piezas físicas, únicas e irremplazables.

Por otro lado, creemos que este ejercicio nos muestra una alternativa versátil al momento de trabajar con registros cerámicos que se hallan muy fragmentados, ya que se estiman (“virtualmente”) las características morfológicas de recipientes a partir de un número determinado de tiestos que no llegan a conformar piezas completas. Se obtiene información perceptible (aunque potencial), sobre un conjunto de tiestos, a veces miles, que sabemos por distintos indicadores que pertenecen a un determinado número de recipientes.

Por último y como reflexión final, consideramos que lo más importante de esta propuesta es, en primer lugar, la posibilidad de acercarnos a un mayor conocimiento de las formas cerámicas halladas en nuestro contexto fragmentario, utilizando tecnología informática de fácil acceso, aplicable a otros elementos del registro arqueológico como material lítico, arquitectura, metales, etc. Y en segundo y último lugar, recalamos la importancia contribuir a la significación histórica de los bienes culturales, su recuperación y conservación, y su transferencia al entorno social, aportando de esta manera, a un mayor y mejor conocimiento del patrimonio regional.

## NOTAS

1- Las capas son una especie de “diapositivas” más o menos transparentes de una imagen. Cada una representa un rasgo de ella, y la imagen es la suma de todos los rasgos (Adobe Press 2011: 258).

2- Se trata de representaciones matemáticas de geometría en 3D, capaces de describir cualquier forma con precisión, desde simples líneas en 2D hasta los más complejos sólidos o superficies de forma libre en 3D (McNeel 2001: 5).

3- Puntos por pulgada (ppp) es una unidad de medida para resoluciones de impresión. Se

trata del número de puntos individuales de tinta que una impresora o tóner puede producir en un espacio lineal de una pulgada (Adobe Press 2006).

4- Un píxel es un punto único de una imagen. Esta puede estar compuesta de muchos píxeles, que representan el color de la imagen en una determinada ubicación. El valor de un píxel se compone generalmente de varios canales, como componentes del rojo, verde y azul, y a veces de su alfa o transparencia (Costa Campos y Fernández-Bozal 2005: 85).

5- Los museos a los que hace referencia el trabajo citado son: Museo Salvador Canals Frau (FFyL, UNCuyo); Museo Incahuasi (ciudad de La Rioja) y Museo Juan Bautista Ambrosetti (FFyL, UBA) (Revuelta et al. 2010-2011).

6- La curva de Bézier es una curva de orden cúbico matemático que posee cuatro puntos de control, en los que el punto inicial y el final (nodos) son los extremos de la curva, y los otros dos son los puntos de control (anclas), que determinan la dirección de la curva en los extremos (Adobe Press 2006).

7- Para instalar y utilizar el "Module Capacity" de MATLAB, y conocer en detalle cómo funciona el algoritmo matemático que utiliza el mismo en el cálculo de volúmenes (consultar Karasik et al. 2006).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las instituciones que han promovido nuestras respectivas investigaciones: el CONICET, la ANPCyT y la FFyL de la UNCuyo. Asimismo, agradecemos a quienes colaboraron con esta propuesta, con sus revisiones y comentarios: Dr. Sebastián Celestino Pérez (UAMadrid), Prof. Ciro Ortiz y Lic. María B. Perlach (Laboratorio Digital – FAYD, UNCuyo); y Lic. Guillermina Couso de la UNLP. Por último, agradecemos a los

evaluadores de este trabajo, Gabriela Guráieb y anónimo, por sus correcciones y apreciaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adobe Press.  
2006. *Illustrator CS2*. Anaya Multimedia. Madrid, España.
- Adobe Press.  
2011. *Uso de Adobe Photoshop CS5*. Anaya Multimedia. Madrid, España.
- Álvarez, J. M.  
"Dibujo digital del material lítico prehistórico. Consejos básicos para mejorar la cualificación profesional en prehistoria y arqueología". 2007. [http://www.ucm.es/info/arqueoweb/pdf/9\\_1/dibujolitico.pdf](http://www.ucm.es/info/arqueoweb/pdf/9_1/dibujolitico.pdf). (13 Julio 2012).
- Balfet, H; M. F. Fauvet-Berthelot y S. Monzón.  
1992. *Normas para la descripción de vasijas cerámicas*. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos (CEMCA). México DF. México.
- Bárcena, J. R.  
2010. Investigaciones arqueológicas en la "Tambería de Guandacol" (Departamento Felipe Varela, Provincia de La Rioja). En *Aportes de las IV Jornadas Arqueológicas Cuyanas*, editado por J. R. Bárcena, pp. 121-181. XAMA Series Monográficas. INCIHUSA-CONICET. Mendoza.
- Bárcena, J.R.; S.A. Carosio y L. Iniesta.  
2010. La Tambería de Guandacol y el registro arqueológico de vestigios de las poblaciones locales del período de Desarrollo Regionales y de Dominación Inka. Síntesis de los análisis e interpretación de la arquitectura y cerámica. En *Arqueología Argentina en el Bicentenario de la Revolución de Mayo. XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, editado por J.R. Bárcena y H. Chiavazza, tomo IV, pp. 1649-1654. Zeta Editores. Mendoza. Argentina.
- Bennett, W., E. F. Bleiler y F. Sommer.  
1948. *Northwest Argentine Archaeology*. Yale University Publications in Anthropology 38:32-64.
- Boman, E.  
1927-1932. Estudios arqueológicos riojanos. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural*, XXXV:129.
- Callegari, A. y M. Gonaldi.  
2009. Guandacol. Estructuras arquitectónicas tardías del sudoeste de la provincia de La Rioja. *Arqueología* 14:173-187.
- Carosio, S.A. y M. L. Iniesta.

2010. Avances en los estudios ceramológicos de la Tambería de Guandacol, Dto. Felipe Varela (Provincia de La Rioja)". En *Aportes de las IV Jornadas Arqueológicas Cuyanas*, editado por J. R. Bárcena, pp. 153-169. XAMA Series Monográficas. INCIHUSA-CONICET. Mendoza.
- Carosio, S.A. y J. P. Aguilar.
2010. Aplicaciones 3D en piezas arqueológicas: Aportes para el estudio de la cerámica de la Tambería de Guandacol, Dto. Felipe Varela (La Rioja, Argentina). En *Aportes de las IV Jornadas Arqueológicas Cuyanas*, editado por J. R. Bárcena, pp. 171-186. XAMA Series Monográficas. INCIHUSA-CONICET. Mendoza.
- Carosio, S.A., M. L. Iniesta y J. R. Bárcena.
2011. Análisis ceramológicos de la Tambería de Guandacol (Dpto. Felipe Varela, provincia de La Rioja). Avances para el conocimiento de las prácticas de manufactura. *Comechingonia Virtual* 5(2):98-127.
- Carosio, S.A., A. Martínez y J. R. Bárcena.
2012. Pastas cerámicas de la Tambería de Guandacol, Dpto. Felipe Varela, provincia de La Rioja (Argentina): estudio mineralógico y petrográfico. *XIII Congreso Geológico Chileno* 10:905-907. Antofagasta. Chile.
- Caruso, R. y G. Postel.
2002. Image Editing with Adobe Photoshop 6.01. *RadioGraphics* 22(4):993-1002.
- Capitanelli, R.
1992. Los Ambientes naturales del territorio argentino. En *La Argentina. Geografía general y marcos regionales*, editado por J. Roccatagliata, pp. 73-143. Planeta.
- Cook, R. L., L. Carpenter y E. Catmull.
1987. The Reyes image rendering architecture. *Computer Graphics* 21(4):95-102.
- Costa Campos, A. y J. Fernández-Bozal.
2005. La imagen digital. *Revista Española Ortodoncia* 35:255-266.
- David, N. y C. Kramer.
2001. *Ethnoarchaeology in Action*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Debenedetti, S.
1917. Investigaciones arqueológicas en los valles preandinos de la provincia de San Juan. *Revista de la Universidad de Buenos Aires* XXXII:226-256, y XXXIV:339-405.
- De la Fuente, G.
2011. Urns, Bowls, and Ollas: Pottery-Making Practices and Technical Identity in the Southern Andes During the Late Period (Ca. A.D. 900-A.D. 1450) (Catamarca, Northwestern Argentine Region, Argentina). *Latin American Antiquity* 22(2):224-252.
- De la Fuente, N.
1973. El yacimiento arqueológico de Guandacol, provincia de La Rioja. *Revista del Instituto de Antropología* IV:151-167.
- Goel, S., A. Jain, P. Singh, S. Bagga, S. Batra y U. Gaur.
- "Computer vision aided pottery classification and reconstruction". 2005. <http://www.siddharthbatra.info/Data%20Files/CV%Based%20Class%20%20Recon%20of%20Pottery.pdf> (10 Junio 2012).
- González, A. R. y J. P. Pérez.
1972. *Argentina indígena. Visperas de la conquista*. Colección Historia Argentina I. Paidós, Buenos Aires.
- Guráieb, A. G.
2008. Patrimonio arqueológico. La herencia material del pasado y su gestión social. En *Caminos y Encrucijadas en la Gestión del Patrimonio Arqueológico Argentino*, editado por A. G. Guráieb y M. M. Frère, pp. 13-87. FFyL, UBA. Buenos Aires.
- Hally, D. J.
1986. The Identification of Vessel Function: A Case Study from Northwest Georgia. *American Antiquity* 51:267-295.
- Iniesta, M. L.
2010. Caracterización del material cerámico de la Tambería de Guandacol: Un estudio de los patrones decorativos (Dpto. Felipe Varela, La Rioja). En *Arqueología Argentina en el Bicentenario de la Revolución de Mayo. XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, editado por J. R. Bárcena y H. Chiavazza, tomo IV, pp. 2045-2050. Zeta Editores. Mendoza. Argentina.
- Irujo Ruiz, D. J. y M. P. Prieto Martínez.
- "Aplicaciones 3D en cerámica prehistórica de contextos arqueológicos gallegos: Un estudio sobre percepción visual". 2005. [http://www.ucm.es/info/arqueoweb/numero7\\_2/conjunto7\\_2.htm](http://www.ucm.es/info/arqueoweb/numero7_2/conjunto7_2.htm) (13 Abril 2012).
- Karasik, A. y U. Smilanski.
2006. Computation of the Capacity of Pottery Vessels Based on Drawn Profiles. En *Excavations at Tel Beth Shean 1989-1996*, editado por A. Mazar, pp. 392-394. Jerusalem. Israel.
- Karasik, A. y U. Smilansky.
2008. 3D scanning technology as a standard archaeological tool for pottery analysis: practice and theory. *Journal of Archaeological Science* 35:1148-1168.



- Karasik, A.; N. Peled y U. Smilansky.  
"Instructions for users of the module 'Capacity'". 2006.  
[http://archaeology.huji.ac.il/depart/computerized/files/Instructions\\_capacity\\_6.pdf](http://archaeology.huji.ac.il/depart/computerized/files/Instructions_capacity_6.pdf) (10 Junio 2012).
- Lemonnier, P.  
1992. *Elements for an Anthropology of Technology*. Anthropological Papers 88, pp. 129 Museum of Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor.
- Leroi-Gourhan, C. A.  
1964. *Le geste et la parole I: Technique et langage*. Albin Michel. Paris.
- Lechtman, H.  
1977. Style in technology - some early thoughts. En: *Material culture: styles, organization and dynamics of technology*, editado por H. Lechtman y R. Merrill, pp. 3-20. American Ethnological Society, Minnesota.
- López, M. y L. Caramés.  
"La conservación de la cerámica en los proyectos de investigación arqueológica". 2003. [www.naya.org.ar](http://www.naya.org.ar) (8 Julio 2012).
- Martínez Carrillo, A., A. Ruiz Rodríguez y M. A. Rubio Paramio  
2010. Digitalización y Visualización 3D en cerámica arqueológica. *Virtual Archaeological Review* 1(2):133-136.
- McNeel, R.  
2001. *Rhinoceros. Modelador NURBS para Windows. Manual de instrucción*. Robert McNeel & Associates Press. Woodland Park Avenue, North, Seattle.
- Mara, H., R. Sablatnig, A. Karasik y U. Smilansky.  
"The Uniformity of Wheel Produced Pottery Deduced from 3D Image Processing and Scanning". 2004. <http://www.weizmann.ac.il/complex/uzyl/archaeomath/mmara.pdf> (4 Julio 2012)
- Melero, F. J., A. León y J. C. Torres.  
2003. Un sistema interactivo de reconstrucción y dibujo de cerámica arqueológica. *XI Congreso Español de Informática Gráfica*, pp. 321-324. La Coruña. España.
- Méndez, A.  
2008. Observaciones y estudios experimentales sobre las deformaciones, características morfológicas y técnicas de la Cerámica Angualasto. *Comechingonia Virtual* 3:159-185.
- Natividad Vivó, P.; J. López, R. García Baño y J. Sanz Alarcón.  
2011. Nuevas tecnologías visuales aplicadas a la docencia de la Geometría Descriptiva. En *Actas del Congreso Internacional de Innovación Docente*, pp. 1243-1254. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Orton, C.; P. Tyers y A. Vince.  
1997. *La cerámica en arqueología*. Crítica, Barcelona.
- Ratto, N., A. Feely y M. Basile.  
2007. Coexistencia de diseños tecno-estilísticos en el período Tardío Preincaico: el caso del entierro en urna del bebé de La Troya (Tinogasta, Catamarca, Argentina). *Intersecciones en Antropología* 8:69-85.
- Revuelta, C. M., S. A. Carosio y J. P. Aguilar.  
2010-2011. Formas y representaciones tardías. Aproximaciones a una mirada integral al estilo cerámico Sanagasta-Angualasto. *Anales de Arqueología y Etnología* 65-66:57-85.
- Rice, P.  
1987. *Pottery analysis: a sourcebook*. University of Chicago Press, Chicago.
- Scaro, A. y M. S. Gheggi.  
2011. Entierros de adultos en urna en la Quebrada de Humahuaca. Un caso de estudio del Pucara de Perchel (Dpto. Tilcara, Jujuy). *Comechingonia* 14:9-22.
- Shepard, A.  
1976. *Ceramic for the Archaeologist*. Carnegie Institution of Washington DC. Colección Las Huellas del Hombre. Encuentro Ediciones. Madrid.
- Serrano, A.  
1958. *Manual de la cerámica Indígena*. Assandri, Córdoba.
- Sopena Vicién, M. C.  
2006. La investigación arqueológica a partir del dibujo informatizado de cerámica. *Saldvie* 6:13-27.
- Tejado Sebastián, J. M.  
2005. Escaneado 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico. *Iberia* 8:135-158.
- Vázquez, F. y J. Baigorria Di Scala.  
2009. De la excavación al laboratorio: Reaundos para la conservación del material cerámico. *Comechingonia Virtual* 3(1):24-32.
- Wynveldt, F.  
2009. Los contextos funerarios de Azampay entre el Período de Desarrollos Regionales y la conquista Inkaica (Valle de Hualfin, Catamarca). *Arqueología* 15:127-147.
- Zapassky, E.; I. Finkelstein e I. Benenson.  
2006. Ancient standards of volume: negevite Iron Age pottery (Israel) as a case study in 3D modelling. *Journal of Archaeological Science* 33:1734-1743.

\*Sebastián Andrés Carosio es becario de posgrado de la ANPCYT y realiza su Doctorado en Facultad de Filosofía y Humanidades (UNCórdoba). Es Licenciado en Historia con Orientación en Arqueología, egresado en el año 2009 de la Facultad de Filosofía y Letras (UNCuyo). Perteneció al Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA), CCT CONICET Mendoza. Desde el año 2002 participa activamente en las investigaciones arqueológicas de diversos sitios del Centro Oeste Argentino. Se ha especializado en los análisis tecnológicos cerámicos, y en aspectos económicos y sociales del proceso de manufactura en Guandacol (La Rioja).

\*\*Juan Pablo Aguilar es Profesional de Apoyo del Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA), CCT CONICET Mendoza. Es Profesor de Grado Universitario en Historia, egresado en el año 2007 de la Facultad de Filosofía y Letras (UNCuyo), y se encuentra cursando la Licenciatura en Historia con Orientación en Arqueología en el mismo establecimiento. Desde el año 2004 participa en distintos proyectos arqueológicos del Centro Oeste Argentino. Se ha especializado en el análisis de diversos registros arqueológicos, aplicando diversas herramientas informáticas.

\*\*\*Joaquín Roberto Bárcena es Profesor Titular de la Cátedra de Arqueología Prehistórica de la Facultad de Filosofía y Letras (UNCuyo) e Investigador del CONICET (INCIHUSA, CCT Mendoza). Dirige proyectos de investigación sobre dominación Inka, en relación con las poblaciones locales del Centro Oeste Argentino.